

Секция 1: Экологические основы прогрессивных технологий

ВЫВОДЫ

Разработанные биореакторы расширяют область применения базового биореактора. Разработки готовы к практическому использованию на крупных и средних животноводческих предприятиях.

Литература.

1. Пат. 2544700 Российская Федерация, МПК С 02 F 3/28, С 02 F 11/04. Устройство для утилизации органических отходов / Кузнецов В.П., Евдокимов А.Н.; патентообладатели Кузнецов В.П., Евдокимов А.Н. - № 2013134331/05; заявл. 22.07.2013; опубл. 20.03.2015. – 6 с.

**СОВРЕМЕННЫЕ BIOTEХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ СИБИРИ**

*В.П. Кузнецов, М.И. Баумгартэн**

*Томский политехнический научно-исследовательский университет, институт кибернетики,
634050 г. Томск, пр. Ленина 30;*

**Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
650000 г. Кемерово, ул. Весенняя 28. Тел. (3842)-39-69-21*

E-mail: bmi45@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрен процесс метанообразования в биореакторе оригинальной конструкции. Описаны процессы, происходящие на различных стадиях прохождения биомассы. Описаны конструктивные особенности базового биореактора.

Abstract. This article describes the process of methane formation in the bioreactor original design. The processes that take place at different stages of the biomass. The design features of the base of the bioreactor.

Крупные животноводческие комплексы в современных условиях продолжают оказывать мощное негативное воздействие на компоненты окружающей среды, образуя огромное количество отходов. Комплексы крупного рогатого скота, свинокомплексы, птицефабрики являются загрязнителями воздуха, почвы, водных ресурсов и оказывают соизмеримое влияние с влиянием промышленных объектов.

Животноводство создают достаточно большую проблему в сфере сельского хозяйства – проблему утилизации отходов, занимающих значительные земельные площади и являющихся мощным источником загрязнения. Присутствие в таких отходах болезнетворных организмов может вызвать у людей вирусные и паразитарные заболевания. В почве могут распространяться возбудители всевозможных инфекционных заболеваний (возбудители сибирской язвы, газовой гангрены, столбняка, ботулизма). Некоторые патогены могут сохраняться в почве до нескольких лет.

Сбор и удаление навоза, его хранение и утилизация на животноводческих фермах уже длительное время представляет серьезную проблему.

Основной проблемой является не количество, а их концентрация на ограниченном пространстве. В птицефабриках находятся тысячи птиц, а количество земли в этих районах часто недостаточно для применения всего объема отходов в качестве удобрений. Крупномасштабные операции с животными при существующих средствах удаления твердых отходов создают опасность для почвы. Причем точно неизвестно, сколько таких отходов можно поместить в почву без нанесения ей ущерба.

Животноводческие отходы требуют больших затрат труда для их распределения по площади и размещения в земле. Эти отходы трудно высушить, они имеют сильный запах и в отдельных районах могут создавать опасность в результате выделения сероводорода. В настоящее время животноводческие комплексы применяют ряд способов утилизации навозных отходов.

В то же время происходит резкое обострение экологической ситуации, которое объясняется тем, что в сельском хозяйстве игнорируются экологические требования в угоду экономическим интересам, а также ослаблением государственного управления и снижением эффективности работы государственных природоохранных и правоохранительных органов, что ведет к невосполнимым потерям генофонда.

Задачи рационального природопользования и охраны окружающей среды в процессе современного сельскохозяйственного производства стоят в плоскости утилизации отходов крупных животноводческих комплексов.

Одним из подходов к решению этой проблемы является перевод таких отходов в биотопливо. Технология переработки известна с древнего Китая, но в том виде она может работать лишь в регио-

нах с жарким климатом. Современные установки позволяют перерабатывать отходы в странах с умеренным климатом: США (более 2000 установок); Канада (около 3000 установок); Германия (6000 установок); Китай (10000 установок).

Как известно, переработка таких отходов проводится с использованием процесса брожения, в мезофильном режиме (при температуре 33 °С), или в термофильном режиме (при температуре 53 °С). В России (58 установок) используется мезофильный режим переработки, требующий больших капитальных затрат (в 3–5 раз больше, чем в других странах). Такие установки не могут быть использованы в Сибири, так как энергетически не окупают себя и имеют большие материальные затраты.

Сам процесс брожения может проводиться постадийно с использованием различных видов микроорганизмов для анаэробного разложения отходов. Такой процесс может включать следующие стадии: гидролиз, нейтрализация, кислотная, щелочная и метановая фазы [1-7]. Имеются устройства, по существу метантенки, объемы которых разделены перегородками на обособленные камеры, в каждой из которых размещена отдельно сложившаяся симбиотическая группа микроорганизмов субстрата.

Эти устройства, организующие многостадийный процесс и описанные в работах [1-7], не обеспечивают высокоэффективный высокотемпературный процесс ферментации или требуют дополнительных источников тепла, ввиду чего становятся нерентабельными, т. к. имеют большое отношение площади внешней поверхности к полному объему метантенка.

Известно устройство, включающее емкость в виде цилиндра. Эта форма позволяет минимизировать потребление тепла, а значит, в этом устройстве возможна реализация высокотемпературного анаэробного процесса [8]. В данном устройстве установлен диагональный теплообменник, который создает температурные поля с большими градиентами во всех камерах, что увеличивает тепловые потери и создает температурные мертвые зоны (зоны, где ферментация не идет). Из-за наличия температурных градиентов достичь сбалансированности в стадиях в таком устройстве сложно, а зачастую и невозможно.

Этого можно избежать путем анаэробной переработки органических отходов [9], при которой ферментация осуществляется последовательно и пофазно в режиме анаэробного сбраживания измельченных и разжиженных различных органических отходов. Устройство состоит из емкости, разделенной коаксиальной, не доходящей до дна, перегородкой в виде усеченного конуса, делящей емкость устройства на внешнюю и внутреннюю камеры сбраживания с подводом сырья во внешнюю камеру. Во внешней камере осуществляется кислая ферментация и отвод отработанного осадка из внутренней камеры. Недостатками этого устройства являются большие потери тепла, несмотря на почти оптимальную форму. Кислая ферментация (требующая большего количества тепла и более быстро протекающая (24-48 часов), чем щелочная (120-240 часов)), происходит во внешней камере, и соответственно имеет большие потери тепла в окружающую среду. Это обстоятельство, в свою очередь, не позволяет пастеризовать субстрат, уменьшить объем камеры кислой ферментации и провести более глубокую переработку, а кроме того, двухкамерный режим менее эффективен по сравнению с четырех-, пяти- камерным режимом.

Рассмотрим такой вариант биореактора, в котором вышеперечисленные недостатки учтены.

БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ БИОРЕАКТОРА

К решению этой проблемы можно подойти с другой стороны: для утилизации отходов деятельности животноводческих ферм Сибирского региона необходимо использовать термофильный режим с применением бактериальной переработки остаточных органических отходов. Целью разработки биореактора является: снижение потерь тепла, глубокая температурная пастеризация сырья и его гидролиз в начале процесса, обеспечение равномерной подачи сырья из камеры в камеру, минимизация мертвых зон, ликвидация температурных градиентов в объеме и, как следствие, получение более качественного биогаза и удобрений при одинаковых сроках утилизации сырья.

Предлагаемый биореактор предназначен для обеззараживания и последовательного, фазного, анаэробного разложения измельченных биологических отходов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, птицы, человека и отходов производства пищевой перерабатывающей промышленности с получением биогаза и обеззараженных (от патогенной микрофлоры, гельминтов, их яиц и семян растений) минерализованных органических удобрений, а также биокормовых добавок. Устройство может найти широкое применение для животноводческих и птицеводческих ферм, коммунальных служб городского хозяйства, а также для предприятий, перерабатывающих растительную и

животную биомассу. Конечная цель разработки - получение комплексных биоудобрений и недорогого энергоносителя – биогаза.

Для разработки способа и устройства была выполнена работа по изучению процесса метанового брожения органического сырья в стационарных условиях. Это позволило выявить закономерности, присущие метановому брожению, отражённые на графиках ниже (рис. 1).

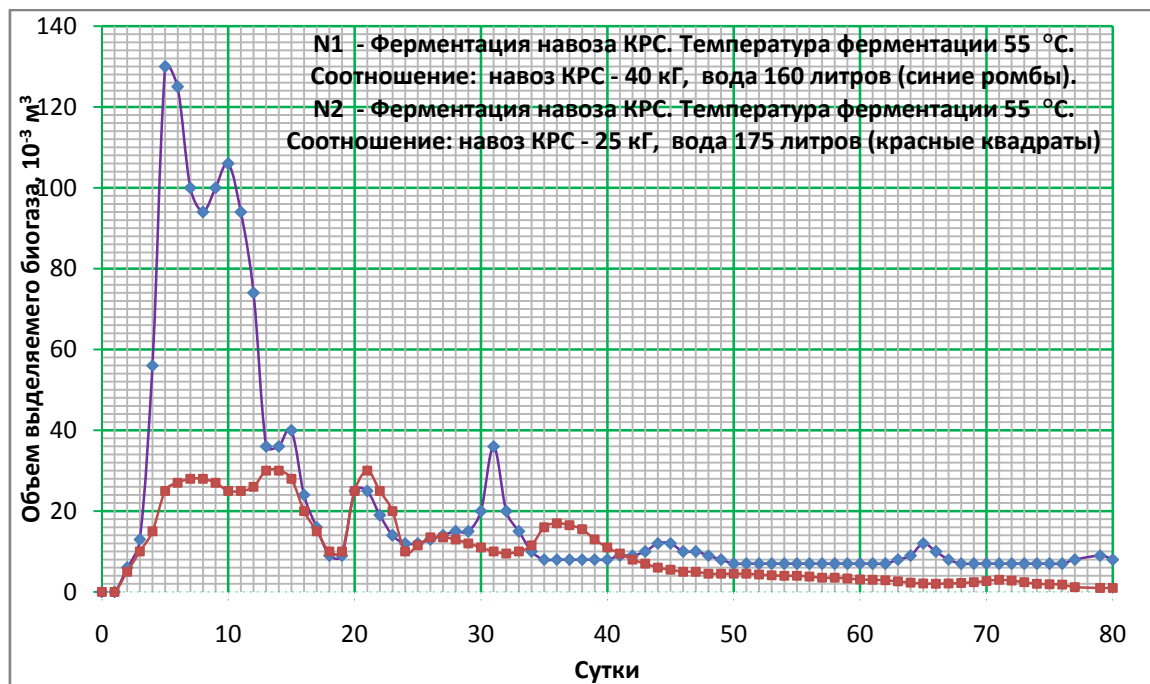


Рис. 1. Результаты биосинтеза в стационарных устройствах

На основании полученных закономерностей разработан способ и устройство, лишённое указанных выше недостатков и на которые получен патент на изобретение [10].

Устройство содержит резервуар цилиндрической формы, разделенный внутри попеременно не доходящими до низа и верха резервуара перегородками на проточные камеры ферментации с образованием над каждой их парой обособленных газовых секций, загрузочный и разгрузочный патрубки, нагреватели субстрата и присоединенный к газовым секциям газопровод. Резервуар имеет высоту, равную его диаметру, а его объем разделен коаксиальными перегородками на пять коаксиальных камер, объемы которых равны соответственно: 3, 3, 5, 74, 15 % объема устройства, причем загрузочная камера расположена в центре устройства, а разгрузочная на периферии. Устройство обеспечивает снижение потерь тепла, глубокую температурную пастеризацию сырья и его гидролиз в начале процесса, равномерную подачу сырья из камеры в камеру, минимизацию мертвых зон, ликвидацию температурных градиентов в объеме и, как следствие, получение более качественных биогаза и удобрений при одинаковых сроках утилизации сырья.

Первая загрузочная камера является ферментатором (высокотемпературная с рабочей температурой 65-75°C, в которой проходит гидролиз и пастеризация сырья) и расположена в центре устройства и образована первой перегородкой. Объем этой камеры составляет 3% объема устройства. Вторая камера (для кислой ферментации) изолирует первую камеру от тепла и образована первой и второй коаксиальными цилиндрическими перегородками. Объем этой камеры составляет 3% от объема устройства. Третья камера (для нейтрализации) изолирует от тепла вторую камеру и образована второй и третьей коаксиальными цилиндрическими перегородками. Объем этой камеры составляет 5% от объема устройства. Четвертая камера (для щелочного метанового брожения) изолирует от тепла третью камеру и образована третьей и четвертой коаксиальными цилиндрическими перегородками. Объем этой камеры составляет 74% от объема устройства. Пятая разгрузочная камера (камера накопления отработанного сырья) образована четвертой коаксиальной цилиндрической перегородкой и корпусом устройства. Объем этой камеры составляет 15% от объема устройства.

Устройство оснащено патрубками (4-8 шт.), соединяющими периферийную придонную часть (мертвая зона) четвертой камеры с серединой, по высоте, третьей камеры. Первая перегородка является теплообменником, нагревателем сырья в камере гидролиза и камере кислой ферментации до температуры 65-75°C, не доходит до пола устройства на 5%. Зазор, созданный таким образом, является проходом сырья из первой камеры во вторую. Вторая перегородка является теплообменником, рекуператором тепла и во второй и третьей камерах охлаждает сырье до температуры протекания процесса 43-55°C. Эта перегородка не доходит до потолка на 10%. Зазор, созданный таким образом, является уровнем перелива сырья из второй камеры в третью и объединяет верхнюю часть второй и третьей коаксиальных камер, образуя первую коаксиальную газовую секцию.

Первая коаксиальная газовая секция соединена с газопроводом клапаном, управляемым датчиком давления первой секции и датчиком уровня четвертой камеры. Третья перегородка, являющаяся ограждающе-сплошной, имеет на уровне пола обратные клапана, позволяющие проходить сырью только в четвертую камеру из третьей. Четвертая перегородка, теплообменник нагреватель поддерживает температуру процесса 43-55°C в четвертой камере, не доходит до потолка на 10%. Зазор, созданный таким образом, является уровнем перелива сырья из четвертой камеры в пятую разгрузочную камеру для сбора отработанного сырья. Разгрузочная камера образована между четвертой перегородкой и корпусом устройства и является периферийной. Зазор четвертой перегородки объединяет верхнюю часть четвертой коаксиальной камеры и пятой, образуя вторую коаксиальную газовую секцию. Вторая коаксиальная газовая секция соединена с газопроводом клапаном, управляемым датчиком давления второй секции и датчиком уровня четвертой камеры. Диаметры перегородок соответствуют их объемам. Для удаления неорганических веществ (песка, камня, глины) первая камера оснащена коническим дном, в которое встроен шнек с затвором-выгрузателем для удаления минеральных осадков. Поступающая в первую камеру ферментатора биомасса, двигаясь сверху вниз, подвергается термическому обеззараживанию и гидратации. В нижней части первой камеры расположен шнек – устройство, собирающее и удаляющее из ферментатора тяжелые, небактериологические частицы, не участвующие в процессе анаэробного сбраживания.

Обработанная и очищенная биомасса попадает во вторую камеру – камеру кислотного брожения, где двигаясь снизу вверх, начинает работать первый этап бактериального воздействия на органическое сырье. Вторая и все последующие камеры имеют верхнее закрытое газовое пространство – так называемый первичный газгольдер.

Третья камера представляет собой камеру нейтрализации, где происходит регулирование уровня pH с помощью подмеса биомассы из четвертой камеры, и вводятся спецдобавки, а также симбиоз культуры бактерий. Эта камера называется камерой кислого брожения и в ней происходит метаногенез, а так же первичное превращение органических отходов в анаэробные удобрения.

В четвертой камере (щелочного брожения) процесс завершается: выделяется метан, образуется огромная масса вымерших бактерий, представляющая из себя биогумус, выделяется вода, соединения: азотистые, калийные, фосфорные и другие, переведенные бактериями и их ферментами в легко усваиваемые компоненты для растений.

В пятую камеру – отводную попадает готовая к употреблению масса, разбавленная выделившейся водой анаэробных удобрений и представляющая собой готовое удобрение, которое впоследствии собирается в емкости для сбора удобрения.

Метановое разложение биомассы происходит под воздействием симбиоза метаногенных бактерий. В естественных условиях этот процесс слишком продолжителен. Создав бактериям оптимальные условия, процесс ускоряют в сотни раз.

В цепочке питания последующие бактерии используют продукты жизнедеятельности предыдущих и это также ускоряет процесс утилизации и позволяет полнее утилизировать сырье. Первый вид бактерий – бактерии гидролизные, второй – кислотообразующие, третий – метанообразующие.

При утилизации органики участвуют не только бактерии класса метаногенов, но и многие другие виды, образующие вместе с метаногенными бактериями симбиозы. Перерабатывая органику, эти симбиозы переводят ее без потерь в привычные для растений состояния с большим содержанием минеральных форм азота, фосфора, калия и других полезных для растений соединений, которые становятся естественными состояниями почвы. Кроме того, органика насыщается стимуляторами роста и витаминами, необходимыми растениям.

ВЫВОДЫ

Разработан патентозащищенный биореактор, позволяющий перерабатывать измельченные биологические отходы жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, птицы, человека и отходов производства пищевой перерабатывающей промышленности с получением биогаза и обеззараженных (от патогенной микрофлоры, гельминтов, их яиц и семян растений) минерализованных органических удобрений, а также биокормовых добавок. В нем используются различные виды бактерий: гидролизные, кислотообразующие и метанообразующие, специально подобранные для стабильного протекания всего процесса утилизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пилотная установка, изготовленная по данной разработке, показала полное соответствие с расчетными данными и позволила начать практическое использование в промышленных масштабах.

Литература

1. Пат. 2062299 Российская Федерация, МПК6 С 12 М 1/107. Биореактор / Мазенко В.И.; патентообладатель Мазенко В.И. - № 5019328/13; заявл. 24.12.1991; опубл. 20.06.1996, Бюлл. № 10, 2002 г. – 5 с.
2. Пат. 2098481 Российская Федерация, МПК6 С 12 М 1/00. Бытовой метантенк / Тумченко В.И.; патентообладатель Тумченко В.И. - № 95103109/13; заявл. 28.02.1995; опубл. 10.12.1997, Бюлл. № 16, 2002 г. – 3 с.
3. Пат. 2099414 Российская Федерация, МПК6 С 12 М 1/107. Бытовой метантенк / Тумченко В.И.; патентообладатель Тумченко В.И. - № 95100620/13; заявл. 17.01.1995; опубл. 20.12.1997, Бюлл. № 16, 2002 г. – 3 с.
4. Пат. 2099415 Российская Федерация, МПК6 С 12 М 1/107. Бытовой аппарат метанового брожения / Тумченко В.И.; патентообладатель Тумченко В.И. - № 95100621/13; заявл. 17.01.1995; опубл. 20.12.1997, Бюлл. № 16, 2002 г. – 3 с.
5. Пат. 2148080 Российская Федерация, МПК7 С 12 М 1/00, А01С3/00. Установка метанового брожения / Тумченко В.И.; патентообладатель Тумченко В.И. - № 98123748/13; заявл. 30.12.1998; опубл. 27.04.2000, Бюлл. № 34, 2004 г. – 4 с.
6. Пат. 2234468 Российская Федерация, МПК7 С 02 F 3/28, С 02 F 11/04. Метантенк / Андрюхин Т.Я.; патентообладатель Андрюхин Т.Я. № 2003125928/15; заявл. 22.08.2003; опубл. 20.08.2004, Бюлл. № 23, 2010 г. – 4 с.
7. Пат. 2254700 Российская Федерация, МПК7 А 01 С 3/02. Биогазовая установка анаэробного сбраживания органических отходов / Сафин Р.Г. и др.; патентообладатель Научно-техн. Центр по разработке технологий и оборудования. – № 2003138035/12; заявл. 29.12.2003; опубл. 27.06.2005, Бюлл. № 03, 2007. – 4 с.
8. Пат. 2315721 Российская Федерация, МПК С 02 F 3/28, С 02 F 11/04. Способ анаэробной переработки органических отходов и установка для его осуществления / Мохов В.В., Фомичева Е.В.; патентообладатели Мохов В.В., Фомичева Е.В.- № 2006110378/15; заявл. 03.04.2006; опубл. 27.04.2000, – 6 с.
9. Пат. 2236106 Российская Федерация, МПК7 А 01 С 3/00, С 02 F 11/04. Способ последовательного пофазного анаэробного сбраживания разжиженных органических отходов и устройство для его осуществления / Андрюхин Т.Я.; патентообладатель Андрюхин Т.Я. № 2003108559/12; заявл. 27.03.2003; опубл. 20.09.2004, Бюлл. № 09, 2010 г. – 6 с.
10. Пат. 2544700 Российская Федерация, МПК С 02 F 3/28, С 02 F 11/04. Устройство для утилизации органических отходов / Кузнецов В.П., Евдокимов А.Н.; патентообладатели Кузнецов В.П., Евдокимов А.Н. - № 2013134331/05; заявл. 22.07.2013; опубл. 20.03.2015. – 6 с.

СОВМЕСТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КВАЗИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И КАТИОНОВ Na^+ НА ФИТОРЕМЕДИАЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОКОВ

Л.Н. Ольшанская, д.хим.н., проф., М.Л. Русских, к.т.н., доц., А.А. Тареева, студент

Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского ГТУ

имени Гагарина Ю.А. 4131100, г. Энгельс, пл. Свободы, 17,

E-mail: ecos123@mail.ru

Аннотация. Исследовано совместное воздействие катионов Na^+ и электромагнитного облучения квази высокой частоты на растение ярыку в процессе фитореимедиаии загрязненных стоков от ионов тяжелых металлов (ИТМ: Cu^{2+} , Cd^{2+}).